



(51) Internationale Patentklassifikation 7 :  B60T 8/00	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/03900  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 27. Januar 2000 (27.01.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/05079		(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 16. Juli 1999 (16.07.99)		
(30) Prioritätsdaten: 198 32 263.1 17. Juli 1998 (17.07.98) DE 199 04 216.0 3. Februar 1999 (03.02.99) DE		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG [DE/DE]; Guerickestrasse 7, D-60488 Frankfurt am Main (DE).		
(72) Erfinder; und		
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RIETH, Peter [DE/DE]; Keilstrasse 3, D-65343 Eltville (DE). ECKERT, Alfred [DE/DE]; Lion-Feuchtwanger Strasse 137, D-55129 Mainz (DE). SCHMITTNER, Bernhard [DE/DE]; Theresienstrasse 3, D-63741 Aschaffenburg (DE).		
(74) Gemeinsamer Vertreter: CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG; Guerickestrasse 7, D-60488 Frankfurt am Main (DE).		

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING AND DETECTING THE OVERTURNING HAZARD OF A VEHICLE

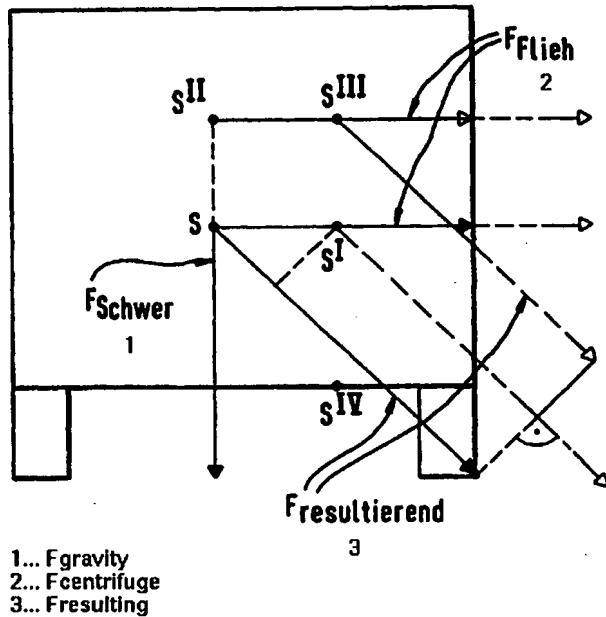
(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BESTIMMEN UND ERKENNEN DER KIPPGEFAHR EINES FAHRZEUGES

## (57) Abstract

The invention relates to a method and device for determining and detecting the overturning hazard of a vehicle by dynamically detecting changes in the center of gravity of the vehicle. The method or device is characterized as follows: The vehicle is operated during cornering; during cornering, first state variables corresponding to the respective wheel load are acquired on at least two wheels; the acquired first state variables are compared to reference values which represent the respective cornering, and; a corresponding change in the center of gravity is calculated from the deviations between the acquired first state variables and the reference values.

## (57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bestimmen und Erkennen der Kippgefahr eines Fahrzeugs mittels dynamischer Erkennung von Änderungen des Fahrzeugschwerpunktes, das bzw. die dadurch gekennzeichnet ist; daß das Fahrzeug in einer Kurvenfahrt betrieben wird; daß während der Kurvenfahrt am mindestens zwei Rädern mit der jeweiligen Radlast korrespondierende erste Zustandsgrößen erfaßt werden; daß die erfaßten ersten Zustandsgrößen mit die jeweilige Kurvenfahrt repräsentierenden Referenzwerten verglichen werden; und daß aus den Abweichungen zwischen den erfaßten ersten Zustandsgrößen und den Referenzwerten eine entsprechende Schwerpunktveränderung berechnet wird.



**FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY**

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AL	Albania	ES	Spain	LS	Lesotho	SI	Slovenia
AM	Armenia	FI	Finland	LT	Lithuania	SK	Slovakia
AT	Austria	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Senegal
AU	Australia	GA	Gabon	LV	Latvia	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaijan	GB	United Kingdom	MC	Monaco	TD	Chad
BA	Bosnia and Herzegovina	GE	Georgia	MD	Republic of Moldova	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tajikistan
BE	Belgium	GN	Guinea	MK	The former Yugoslav Republic of Macedonia	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Greece			TR	Turkey
BG	Bulgaria	HU	Hungary	ML	Mali	TT	Trinidad and Tobago
BJ	Benin	IE	Ireland	MN	Mongolia	UA	Ukraine
BR	Brazil	IL	Israel	MR	Mauritania	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Iceland	MW	Malawi	US	United States of America
CA	Canada	IT	Italy	MX	Mexico	UZ	Uzbekistan
CF	Central African Republic	JP	Japan	NE	Niger	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Netherlands	YU	Yugoslavia
CH	Switzerland	KG	Kyrgyzstan	NO	Norway	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Democratic People's Republic of Korea	NZ	New Zealand		
CM	Cameroon			PL	Poland		
CN	China	KR	Republic of Korea	PT	Portugal		
CU	Cuba	KZ	Kazakhstan	RO	Romania		
CZ	Czech Republic	LC	Saint Lucia	RU	Russian Federation		
DE	Germany	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Denmark	LK	Sri Lanka	SE	Sweden		
EE	Estonia	LR	Liberia	SG	Singapore		

**Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen und Erkennen der  
Kippgefahr eines Fahrzeuges**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung zum Feststellen von Änderungen des Massenschwerpunktes eines mindestens zweiachsigen und mindestens dreirädrigen Fahrzeuges, beispielsweise solche Änderungen, die durch örtliche Verschiebungen von Ladungen oder durch Änderungen der Fahrzeuggesamtmasse z.B. infolge von Fahrzeugzuladung bedingt sind. Im speziellen bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum präventiven Erfassen der Gefahr des Umkippens eines solchen Fahrzeuges, bei denen die genannten Schwerpunktänderungen Berücksichtigung finden und bei denen die Kippgefahr durch eine mit der Kippgefahr korrelierende kritische Zustandsgröße repräsentiert wird.

In T. D. Gillespie "Fundamentals of Vehicle Dynamics", Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale 1992, Kapitel 9, Seiten 309-333, werden verschiedene Modelle für Überrollunfälle beschrieben. Beginnend mit einem quasi-stationären Modell für ein starres Fahrzeug über ein quasi-stationäres Modell für ein gefedertes Fahrzeug bis hin zu dynamischen Modellen unter Berücksichtigung von Wankeigenfrequenzen werden Bedingungen für bestehende Kippgefahren angegeben.

- 2 -

Während es für Lastkraftwagen, Lastzüge, Busse, Kleinbusse und Geländewagen aufgrund hochliegender Schwerpunkte und/oder geringer Spurbreite bereits bei Veröffentlichung des o.g. Buches bekannt war, daß bei Kurvenfahrt mit großer Wankbewegung eine Kippgefahr besteht, hat es sich erst in jüngerer Zeit gezeigt, daß sich auch Personenkraftwagen seitlich bis zum Umkippen aufschaukeln können. Eine solche Kippgefahr wird durch unsachgemäße Beladung, beispielsweise extrem einseitig oder auf dem Fahrzeugdach, erheblich erhöht, weil die Lage des Massenschwerpunktes des Fahrzeuges nach oben oder zu einer Seite hin verlagert wird.

Wie in den Figuren 1a und 1b gezeigt, gelten im statischen Fall für das stabile Gleichgewicht eines Fahrzeuges die Betrachtungen der Kräfte und Momente.

Fig. 1a zeigt die Verteilung der Fahrzeug-Gewichtskraft  $F_G$  auf die Radaufstands Kräfte  $F_{A_{xx}}$ . In Fig. 1b ist der seitliche Versatz  $y_s$  des Schwerpunktes S aus der Fahrzeugmitte dargestellt. Der Momentensatz bezogen auf ein Rad zeigt den Einfluß der Schwerpunktsverschiebung in statischen und dynamischen Fall auf.

Tritt nun während des Fahrbetriebs eine Störkraft, wie z.B. die Fliehkraft bei Kurvenfahrt oder eine Radlastschwankung infolge einer Bodenunebenheit auf, so kann das Fahrzeug je nach Größe der Störkraft in den labilen oder instabilen Zustand geraten.

Mit einem Elektronischen-Stabilitäts-Programm (ESP), beispielsweise dem von der Anmelderin entwickelten und vertriebenen System, steht bereits ein System zur Verfügung, um kritische Fahrzustände durch den Vergleich des vom Fahrer

vorgegebenen Kurses mit der tatsächlichen Bahnkurve des Fahrzeuges zu erkennen und durch gezielten Bremseneingriff zu verhindern. Zu diesem Zweck stehen als Information die Rad-drehzahlen, die Querbeschleunigung, der Lenkwinkel und die Gierrate zur Verfügung. Erreicht der aus diesen Informationen bestimmte Fahrzustand einen kritischen Bereich, so wird durch einen radselektiven Bremseingriff das durch das Fahrzeugmodell des ESP-Reglers definierte Eigenlenkverhalten des Fahrzeuges aufrecht erhalten. Dieser Regelvorgang kann somit nur alle zweidimensionalen Vorgänge und Zustandsgrößen beeinflussen, d.h. Vorgänge, die sich durch Querbeschleunigung und Drehen um die Fahrzeughochachse (Gieren) beschreiben lassen.

Ändert sich nun die Lage des Schwerpunktes in Längs- und/oder Querrichtung des Fahrzeuges, z.B. infolge Beladung, so erfolgt bei ESP eine Berücksichtigung der veränderten Kurvengrenzgeschwindigkeiten automatisch dadurch, daß das im Fahrzeugmodell festgelegte Eigenlenkverhalten beibehalten werden soll. Verschiebt sich der Schwerpunkt z.B. nach hinten, so wird der erhöhten Übersteuerneigung bei Kurvenfahrt bei einer untersteuernd ausgelegten Grundabstimmung durch Reduzierung der zulässigen Kurvengeschwindigkeit entgegengewirkt.

Eine Änderung der Schwerpunktshöhe führt nun zu einem veränderten Neigungsverhalten des Fahrzeuges in Längs- und Querrichtung. Wirkt eine Querbeschleunigung auf das Fahrzeug ein, so gilt gemäß Fig. 1b die Momentenbetrachtung

$$F_c \times h_s + F_{n\_r} \times b = F_G \times (b/2 + y_s) \quad (1)$$

wobei  $F_c$  die Fliehkraft aufgrund der Querbeschleunigung  $a_{quer}$ ,  $F_G$  die Schwerkraft,  $m$  die Fahrzeugmasse,  $F_{n\_r,1}$  die Radaufstandskraft (Radlast) für das rechte und das linke Rad,

- 4 -

$h_s$ ,  $y_s$  die Höhe des Schwerpunktes,  $y_s$  den seitlichen Abstand des Schwerpunktes von der Fahrzeugmitte, und  $b$  die Spurweite bezeichnen. Daraus folgt unmittelbar für die Querbeschleunigung  $a_{quer}$  der Zusammenhang

$$a_{quer} = 1/h_s \times [g(b/2 + y_s) - F_{n\_r} \times b/m] \quad (2)$$

Ein Kippen des Fahrzeugs wird somit erreicht bei Überschreiten einer kritischen Querbeschleunigung, für die folgender Zusammenhang gilt

$$a_{quer,krit.} = (b/2 + y_s)/h_s \times g \quad (3)$$

Somit hängt die kritische Querbeschleunigung direkt von der Lage des Schwerpunktes ab.

Ferner werden bei bekannten Fahrzeugbewegungssteuerungssystemen, bei denen die Fahrzeugstabilität, insbesondere bei Kurvenfahrt, erhöht werden soll, das heißt insbesondere ein seitliches Umkippen vermieden werden soll, als die Kippgefahr beschreibende kritische Zustandsgrößen im allgemeinen die Fahrzeugquerbeschleunigung oder der Wankwinkel des Fahrzeugs zugrunde gelegt.

So ist in der DE-A 197 46 889 ein System zur Erhöhung der Seitenstabilität bei Kurvenfahrt beschrieben, welches mit einer Neigungserfassungseinrichtung ausgestattet ist. Diese Neigungserfassungseinrichtung mißt entweder den Höhenunterschied zwischen rechter und linker Fahrzeugseite, oder die Querbeschleunigung des Fahrzeugs, um den Wankwinkel zwischen

- 5 -

der Fahrzeughorizontalen und der Fahrbahnhorizontalen zu erfassen. Wird von der Neigungserfassungseinrichtung eine Kippgefahr erkannt, wird ein gegensteuerndes Giermoment erzeugt durch Abbremsen des kurvenäußersten Vorderrades.

Wie allerdings vorhergehend beschrieben, sind die zulässige Querbeschleunigung sowie der zulässige Wankwinkel empfindlich abhängig von der Lage des Fahrzeugschwerpunktes, insbesondere der Schwerpunktshöhe. Bei den im Stand der Technik bekannten gattungsgemäßen Verfahren und Vorrichtungen wird dem Fahrzeugschwerpunkt, insbesondere Schwerpunktänderungen, im Zusammenhang mit präventiver Umkippvorhersage nicht ausreichend Rechnung getragen.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung bereitzustellen, die es ermöglichen, einer Kippgefahr möglichst frühzeitig entgegenwirken zu können. Es ist dabei vorrangiges Ziel der Erfindung, eine möglichst präventive Vorhersage einer drohenden Kippgefahr eines Fahrzeugs zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß während einer Kurvenfahrt an mindestens zwei Rädern mit der jeweiligen Radlast korrespondierende erste Zustandsgrößen erfaßt werden, daß die erfaßten ersten Zustandsgrößen mit die jeweilige Kurvenfahrt repräsentierenden Referenzwerten verglichen werden, und daß aus den Abweichungen zwischen den erfaßten ersten Zustandsgrößen und den Referenzwerten eine entsprechende Schwerpunktveränderung berechnet wird.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß die am besten geeignete Einflußgröße bei einer möglichst präventiven Erkennung der Kippgefahr eines Fahrzeugs die Lage des Fahrzeugschwerpunktes darstellt und somit die aktuelle

- 6 -

Schwerpunktlage als Ausgangsgröße bei dem erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahren und der Vorrichtung wesentlich zugrundegelegt werden.

Die Einflußgröße liefert einen unmittelbaren Hinweis auf das Vorliegen eines kritischen Kippzustandes hin. Als kippverhindernde Gegenmaßnahme kommen entweder aktive Regeleingriffe, z.B. seitens ESP, oder eine passive Warnung des Fahrers in Betracht.

Im Gegensatz zum Stand der Technik, hat die erfindungsgemäß vorgeschlagene präventive Vorgehensweise den Vorteil, daß das Fahrzeug während eines erforderlichen korrigierenden Eingriffs weiterhin lenkbar bleibt und auch der Fahrkomfort während eines aktiven Regeleingriffs noch erhalten bleibt. Ein weiterer Vorteil der Erfindung gegenüber dem Stand der Technik liegt darin, daß die möglichen Eingriffsstrategien auf eine erkannte kritische Fahrsituation hin nahezu beliebig sind, nicht zuletzt wegen der extrem vorausschauenden Erkennung. Daher läßt sich die vorliegende Erfindung ohne besondere Aufwendungen als Erweiterung oder Verbesserung einer bestehenden Fahrstabilitätsregelung, z.B. das elektronische Stabilitätsprogramm (ESP) der Anmelderin, realisieren.

Als mit der Radlast korrespondierende erste Zustandsgröße können der an der Radaufhängung meßbare Federweg, der Federdruck, der am Stoßdämpfer meßbare Dämpferdruck, der Reifeninnendruck, oder die Seitendefformation des Reifens zugrundegelegt werden.

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen näher erläutert, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente bezeichnen. Im einzelnen zeigen

- 7 -

Fig. 1a eine schematische Seitenansicht eines vierrädrigen Fahrzeuges beim Durchfahren einer Kurve;

Fig. 1b eine schematische Rückansicht eines vierrädrigen Fahrzeuges ebenfalls beim Durchfahren einer Rechtskurve;

Fig. 2 eine der Fig. 1 entsprechende Rückansicht eines Fahrzeuges in einer Linkskurve zur Darstellung der fahrphysikalischen Zustandsgrößen zur Beschreibung eines Kippzustandes;

Fig. 3 anhand eines Ablaufdiagramms einen bevorzugten Funktionsablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens und der entsprechenden Vorrichtung;

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem Federwegschalter an einem Rad und einer den Schaltzeitpunkt des Federwegschalters veranschaulichenden Kennlinie.

Das im folgenden beschriebene Ausführungsbeispiel Modifikationen in einer elektronischen Stabilitätsregelung (ESP). Im Gegensatz zu dem im Stand der Technik verwendeten zweidimensionalen Modell, wird bei der vorliegenden Erfindung ein dreidimensionales Fahrzeugmodell zugrundegelegt, bei dem neben der Querbeschleunigung und dem Gieren auch das Nicken und Wanken des Fahrzeuges berücksichtigt werden können und somit auch die Kippneigung als Wert der kritischen Zustandsgröße in Frage kommt. Eine grundsätzliche Anpassung des Fahrzeugmodells unter Berücksichtigung der aktuellen statischen Schwerpunktlage wird dabei den Regelerfolg deutlich begünstigen. Aber auch eine Reaktion nur auf das Neigungsver-

- 8 -

halten des Fahrzeuges ergibt bereits eine deutliche Verbesserung der Stabilitätsregelung.

Die erforderlichen Informationen zur Bestimmung der Schwerpunktlage und der Fahrzeugeigung können vorzugsweise aus den Federwegänderungen gewonnen werden. Durch eine Messung des statischen Einfederweges bei Achsen ohne Höhenstandsregeleinrichtung oder durch Messung des Druckes in der Höhenstandsregeleinrichtung kann die Schwerpunktlage bestimmt werden. Bei bekannter Federsteife  $C$  der Fahrwerkstragfeder lässt sich die Radaufstandskraft  $F_{xx}$  (Fig. 1a) aus der bekannten Kraft  $F_{n_{xx\_o}}$  in der Konstruktionslage mit Federweg  $S_{xx\_o}$  wie folgt bestimmen:

$$F_{n_{xx}} = F_{n_{xx\_o}} + K \cdot \Delta S$$

wobei  $\Delta S$  die gemessene Federwegsänderung mit richtungsabhängigem Vorzeichen (positiv für Einfederung, negativ für Ausfederung) darstellt.

Eine Höhenstandsregeleinrichtung gleicht eine Einfederung aus, somit wird  $\Delta S = 0$ . Die für diesen Ausgleich erforderliche Systemdruckänderung  $\Delta p$  ist proportional der Kraftänderung, somit gilt

$$F_{n_{xx}} = F_{n_{xx\_o}} + K \cdot \Delta p$$

wobei  $k$  der Proportionalitätsfaktor ist.

Der Wankwinkel wird über die unterschiedlichen Federwege auf der linken und rechten Fahrzeugseite ermittelt und der Nickwinkel entsprechend über die Federwege vorne und hinten.

- 9 -

Die Schwerpunktshöhe kann dann aus dem Neigungswinkel und der zugehörigen Beschleunigung berechnet werden. Aus der statischen Betrachtung ist die Lage des Schwerpunktes in Längs- und Querrichtung ( $l_v, l_h, y_s$ ) bekannt. Die Schwerpunktshöhe lässt sich somit aus dem zuvor beschriebenen Zusammenhang bei bekannter Querbeschleunigung ableiten nach

$$h_s = 1/a_{quer} * [g(b/2 + y_s) - F_{n_r} * b/m]$$

oder bei bekannter Längsbeschleunigung nach

$$h_s = 1/a_{längs} * [ \frac{F_n - V_A}{m} \cdot l_v - \frac{F_n - H_A}{m} \cdot l_r ]$$

Ein seitlich aus der Fahrzeugmitte verschobener Schwerpunkt lässt sich durch den richtungsbezogen unterschiedlichen Wankwinkel bei einer vorliegenden Querbeschleunigung bestimmen. Somit sind beispielsweise für ein Fahrzeug mit einer Höhenstandsregelung an der Hinterachse vier Aufnehmer zur Bestimmung des Federweges und, im Falle einer radindividuellen Achsregelung, ein oder zwei Aufnehmer zur Bestimmung des Druckes in der Höhenstandsregeleinrichtung der Hinterachse erforderlich.

Das in Fig. 3 gezeigte Ablaufdiagramm illustriert einen exemplarischen Funktionsablauf einer modifizierten ESP-Regelung, bei der - entsprechend der genannten vereinfachten Ausführungsform der Erfindung - ein Endlagenschalter zum Einsatz kommt. Der Endlagenschalter spricht beim Überschreiten eines vorgegebenen Federweg-Schwellenwertes in einem oder mehreren der Fahrzeugräder an, d.h. in bezug auf die vorliegenden Kräfte entsprechend beim Überschreiten einer vorgegebenen Radlast. Da die Funktionsweise des Endlagen-

- 10 -

schalters somit von der Richtung der Kurvenfahrt abhängt, ist es zunächst erforderlich herauszufinden, welches (bevorzugt das Rad der Vorderachse) oder welche Räder sich auf der kurvenäußersten Seite des Fahrzeuges befinden. Denn nur die kurvenäußersten Räder können entsprechend der Kurvenneigung des Fahrzeuges in der genannten Weise überhaupt ansprechen. Die Auswahl der kurvenäußersten Räder kann mittels beim ESP bereits vorhandener fahrdynamischer Sensoren, z.B. einem Lenkwinkelsensor und/oder einem Gierratensor, erfolgen. Generell kommen auch andere Sensoren, mit denen die Richtung einer Kurvenfahrt ermittelt werden kann in Betracht.

Spricht nun einer oder mehrere der an der kurvenäußersten Seite des Fahrzeuges befindlichen Endlagenschalter an, wird die bereits oben im Detail beschriebene Veränderung des ESP-Fahrzeugmodells vorgenommen. Vorab ist es allerdings erforderlich, die empfangenen Schaltersignale dahingehend zu überprüfen bzw. zu filtern, daß solche Signale "herausgefiltert" werden, bei denen einer oder mehrere Endlagenschalter aufgrund der Fahrbahnbeschaffenheit, z.B. aufgrund von Bodenwellen, angesprochen haben, jedoch keine Kurvenfahrt vorlag und damit auch keine Kippgefahr bestand.

Unter Berücksichtigung weiterer fahrdynamischer Größen, beispielsweise des Lenkwinkels und der Fahrzeugschwindigkeit, werden nun anhand der bereits genannten mathematischen Zusammenhänge eine entsprechende Schwerpunktveränderung des Fahrzeugs und aus dem geänderten Schwerpunkt eine veränderte bzw. korrigierte Grenzquergeschleunigung berechnet. Anhand der korrigierten Grenzquerbeschleunigung wird dann das ESP-Fahrzeugmodell in der Weise verändern daß das Fahrzeug vorübergehend zum "Untersteuerer" wird und somit den veränderten Schwerpunktbedingungen besser angepaßt ist.

- 11 -

Nach Beenden der Kurvenfahrt wird der Endlagenschalter im Normalfall nicht mehr ansprechen. Das entsprechend gefilterte Signal macht die vorübergehende Veränderung des ESP-Fahrzeugmodells wieder rückgängig und stellt somit den vor der Kurvenfahrt vorliegenden Zustand des ESP wieder her.

Bei der genannten Ausführungsform wird das ESP-Fahrzeugmodell nur vorübergehend d.h. während der Kurvenfahrt, modifiziert. Es kann allerdings auch vorgesehen sein, daß aus den genannten Signalen des Endlagenschalters auf veränderte Schwerpunktverhältnisse hin durch permanente Veränderungen des ESP-Fahrzeugmodells reagiert wird. Die o.g. Ausführungen gelten in diesem Fall analog.

Aufgrund der Kenntnis einer geänderten Schwerpunktlage kann das bei einem Elektronischen-Stabilitäts-Programm (ESP), beispielsweise dem der Anmelderin, vorliegende Fahrzeugmodell an die geänderten Schwerpunktbedingungen angepaßt werden. Zunächst ist es bei der Anpassung der ESP-Regelung erforderlich, unter Berücksichtigung der aktuellen Größe und Lage des Fahrzeugschwerpunktes eine kritische Zustandsgröße, beispielsweise eine Grenzquerbeschleunigung  $a_{q,\text{grenz}}$ , vorzugeben. Diese Grenzbeschleunigung kann als Parameterveränderung innerhalb des Fahrzeugmodells in Form einer Veränderung = Grundveränderung +  $k \times f(a_{\text{quer}} - a_{\text{quer,grenz}})$  (4) in der ESP-Regelung Berücksichtigung finden, wobei  $a_{\text{quer}}$  den aktuellen Wert der Fahrzeug-Querbeschleunigung und  $a_{\text{quer,grenz}}$  den entsprechenden kritischen Grenzwert bezeichnet. Ferner ist 'K' ein Proportionalfaktor und  $f(x)$  eine Funktion mit vorgegebener oberer und unterer Grenze, wobei für die untere Grenze gilt, daß die Veränderung nicht kleiner als Null werden darf. Der oben angegebene funktionelle Zusammenhang kann bevorzugt als P- oder PI-Regler ausgeführt sein, wobei der zweite Summand auf der rechten Seite der Gleichung (4) entweder proportional

- 12 -

als P-Regler wirkend, d.h. gemäß dem Zusammenhang

$$k \times [\text{abs}(a_{\text{quer}}) - \text{abs}(a_{\text{quer,grenz}})], \quad (5)$$

oder proportional-integral als PI-Regler wirkend, d.h. gemäß dem folgenden Zusammenhang

$$\begin{aligned} & k \times [\text{abs}(a_{\text{quer}}) - \text{abs}(a_{\text{quer,grenz}})] + \\ & k \times \text{Integral}[\text{abs}(a_{\text{quer}}) - \text{abs}(a_{\text{quer,grenz}})], \end{aligned} \quad (6)$$

ausgelegt ist. Veränderung zum "Untersteuerer" kann über die Seitensteifigkeiten definiert werden.

Im Fahrzeugmodell von ESP (Einspurmodell)

$$m \cdot v \cdot (\psi - \beta) F_{\text{Seitenkraft vorne}} + F_{\text{Seitenkraft hinten}}$$

$$\Theta \psi = F_{sv} \cdot l_v - F_{sh} \cdot l_h$$

$$\text{mit } F_{sv} = C_{sv} \cdot \left( \delta + \beta - \frac{l_v \cdot \psi}{v} \right)$$

$$\text{mit } F_{sh} = C_{sh} \cdot \left( \beta \frac{l_h \cdot \psi}{v} \right)$$

sind die Reifenseitensteifigkeiten  $C_{sv}$ ,  $C_{sh}$ , vorne und hinten enthalten.

- 13 -

Man kann nun diese  $C_{sv,sh}$  auffassen als  $C_{sv}$ ,  $C_{sh}$  für den normalen Betrieb und  $C_{1sv}$ ,  $C_{1sh}$  als veränderliche Komponente hinzufügen.

$$C_{sv} = C_{0sv} + C_{1sv}$$

$$C_{sh} = C_{0sh} + C_{1sh}$$

Diese  $C_{1sv}$ ,  $C_{1sh}$  können nun in Abhängigkeit der Querbeschleunigung verändert werden, wie auf Seite 12 beschrieben (P, PI-Regler) und zwar

$C_{1sv}$  kleiner

$C_{1sh}$  größer

so daß ein ESP Bremseneingriff am kurvenäußersten Rad das Fahrzeug stabilisiert.

Beim Überschreiten der durch die gegebenenfalls geänderte Schwerpunktlage oder Schwerpunktmasse vorgegebenen Kurvengrenzbeschleunigung oder -geschwindigkeit kann ein kippverhindernder Eingriff, beispielsweise in Form eines Bremseingriffs, vorgenommen werden. Entsprechende Eingriffsstrategien sind beispielsweise aus 19821593.2 und 19816430.0 bekannt, auf die im vorliegenden Zusammenhang vollenfänglich Bezug genommen wird. So kann die kritische Zustandsgröße, z.B. die Querbeschleunigung, durch gezieltes Untersteuern des Fahrzeuges, insbesondere durch entsprechende Verstimmung bzw. Einstellung des Fahrzeugmodells, das den ESP-Regelungsvorgängen zugrunde liegt, wieder unterschritten werden und damit ein Kippen verhindert werden.

Bei einer vereinfachten Ausführungsform wird nur das Wankverhalten des Fahrzeuges berücksichtigt. Geht man ferner davon aus, daß der Schwerpunkt nur unwesentlich aus der Fahrzeuglängsachse verschoben ist, so ist eine Federweg-information pro Achse ausreichend. Bei weitgehend gleicher Schwerpunktshöhe läßt sich eine kritische Situation auch durch nur eine Federweginformation erkennen. Dabei wird das Fahrzeugmodell dem Wankverhalten angepaßt und die zulässige Querbeschleunigung unter Beibehaltung des definierten Eigenlenkverhaltens reduziert. Diese Anpassung kann sowohl analog, z.B. mittels Information durch Sensorsignal(e), als auch digital, z.B. mittels Information durch Schalter, erfolgen. Die einfachste Ausführungsform ist somit ein weiter unten anhand von Fig. 4 beschriebener Federwegschalter an einem Rad.

Eine bevorzugte Ausführungsform eines Endlagenschalters betreffend einen vereinfachten Regelansatz ist in Fig. 4a schematisch dargestellt. Dieser Regelansatz kann vorteilhaft als ESP erweitert um einen am Stoßdämpfer oder an der Feder der Radaufhängung angeordneten Endlagenschalter realisiert werden. Bei einem als Federwegschalter ausgelegten Endlagenschalter ist entsprechend dem in Fig. 4b gezeigten zeitlichen Verlauf wie folgt vorzugehen. Spricht der Schalter an mindestens einem kurvenäußerem Rad, bevorzugt am äußeren Vorderrad, an, dann wird entsprechend dem angenommenen Kennlinienverlauf die kritische Querbeschleunigung  $a_{quer,grenz}$  überschritten und zur Verhinderung des weiteren Aufbaus bzw. zur Verringerung der Querbeschleunigung ein gezieltes Entgegenwirken eingeleitet. Bevorzugt wird ein Untersteuern des Fahrzeugs z.B. über eine entsprechende "Verstimmung" des ESP-Fahrzeugmodells zum "Untersteuerer", d.h. durch einen Veränderung der Fahrtrajektorie, beispielsweise durch eine Regelansatz entsprechend den Gleichungen (4) bis (6) bewirkt.

- 15 -

Die Veränderung kann über die Seitensteifigkeiten der Reifen definiert werden, wobei 'Untersteuern' bedeutet, daß die Seitensteifigkeit an der Vorderachse des Fahrzeugs kleiner wird.

Der Eingriff in das Fahrzeugmodell führt zur Bremsung und damit zur Reduktion der Seitenführungskraft am kurvenäußersten Rad. Hinsichtlich des physikalischen Zusammenhangs zwischen Seitenführungskraft und Bremsschlupf (Längskraft) wird im vorliegenden Zusammenhang vollumfänglich auf die deutsche Offenlegungsschrift DE-A 196 32 943 "Verfahren zum Betrieb eines Kraftfahrzeugs mit fahrstabilisierenden Bremseingriffen", Daimler-Benz AG, verwiesen.

Schließt sich der Schalter wieder, so wird diese Veränderungen über die Zeit wieder rückgängig gemacht, bzw. verlernt. Hiermit wird dieser Regelvorgang beendet.

Eine Überwachung des Schalters ist auch auf dem Wege einer Plausibilitätsbetrachtung möglich. Beispielsweise kann vorgesehen sein, daß bei Geradeausfahrt der Schalter nur über einen Mindestzeitraum von beispielsweise 200 ms geschlossen sein darf, bevor Gegenmaßnahmen zur Reduzierung der Querbeschleunigung aktiviert werden. Alternativ kann vorgesehen sein, daß das Auslösen von Gegenmaßnahmen - neben der Schalterposition - an weitere Bedingungen geknüpft ist, z.B. einem Schwellenwert für die Querbeschleunigung, beispielsweise  $> 0.5 - 0.7 \text{ g}$ .

## P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zum Bestimmen von Veränderungen des Massenschwerpunktes eines mindestens zweiachsigen und mindestens dreirädrigen Fahrzeuges, dadurch gekennzeichnet,
  - daß das Fahrzeug in einer Kurvenfahrt betrieben wird,
  - daß während der Kurvenfahrt an mindestens zwei Rädern mit der jeweiligen Radlast korrespondierende erste Zustandsgrößen erfaßt werden,
  - daß die erfaßten ersten Zustandsgrößen mit die jeweilige Kurvenfahrt repräsentierenden Referenzwerten verglichen werden, und
  - daß aus den Abweichungen zwischen den erfaßten ersten Zustandsgrößen und den Referenzwerten eine entsprechende Schwerpunktveränderung berechnet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als mit der Radlast korrespondierende erste Zustandsgröße der an der Radaufhängung meßbare Federweg und/oder der Federdruck und/oder der am Stoßdämpfer meßbare Dämpferdruck und/oder der Reifeninnendruck oder die Seitendeformation des Reifens zugrundegelegt werden.
3. Verfahren zum Erkennen der Kippgefahr eines mindestens zweiachsigen und mindestens dreirädrigen Fahrzeuges unter Verwendung eines Verfahrens zum Bestimmen von Veränderungen des Massenschwerpunktes nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch

gekennzeichnet, daß aus der berechneten Schwerpunktveränderung eine entsprechend geänderte kritische, die Kippgefahr repräsentierende zweite Zustandsgröße ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als die Kippgefahr repräsentierende zweite Zustandsgröße die am Fahrzeugschwerpunkt angreifende Querbeschleunigung und/oder der Wankwinkel des Fahrzeuges und/oder der Nickwinkel des Fahrzeugs und/oder die Fahrzeuggeschwindigkeit und/oder der Lenkwinkel und/oder die Gierrate die zugrundegelegten werden.
5. Vorrichtung zum Bestimmen von Veränderungen des Massenschwerpunktes eines mindestens zweiachsigen und mindestens dreirädrigen Fahrzeuges, gekennzeichnet durch  
Mittel zum Erfassen des Fahrzustandes einer Kurvenfahrt,  
Mittel zum Erfassen von an mindestens zwei Rädern mit der jeweiligen Radlast korrespondierenden ersten Zustandsgrößen,  
Mittel zum Vergleichen der erfaßten ersten Zustandsgrößen mit den jeweiligen Kurvenfahrt repräsentierenden Referenzwerten,  
Mittel zum Berechnen der Schwerpunktsveränderung aus den Abweichungen zwischen den erfaßten ersten Zustandsgrößen und den Referenzwerten.

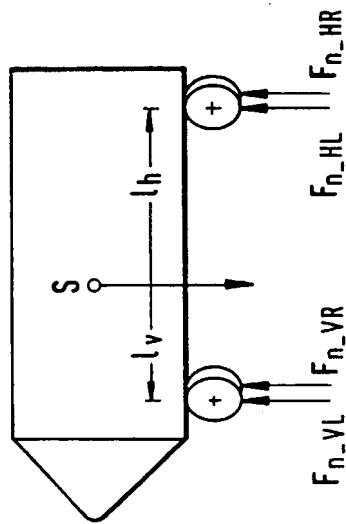
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß als mit der Radlast korrespondierende erste Zustandsgröße der an der Radaufhängung meßbare Federweg und/oder der Federdruck und/oder der am Stoßdämpfer meßbare Dämpferdruck und/oder der Reifeninnendruck und/oder die Seitendeforrmation des Reifens zugrundegelegt werden.
7. Vorrichtung zum Erkennen der Kippgefahr eines mindestens zweiachsigen und mindestens dreirädrigen Fahrzeuges unter Verwendung einer Vorrichtung zum Bestimmen von Veränderungen des Massenschwerpunktes nach einem oder mehreren der Ansprüche 5 oder 6, gekennzeichnet durch Mittel zum Ermitteln einer die Kippgefahr repräsentierenden zweiten Zustandsgröße aus der berechneten Schwerpunktveränderung.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß als die Kippgefahr repräsentierende zweite Zustandsgröße die am Fahrzeugschwerpunkt angreifende Querbeschleunigung und/oder der Wankwinkel des Fahrzeuges und/oder der Nickwinkel des Fahrzeugs und/oder die Fahrzeuggeschwindigkeit und/oder der Lenkwinkel und/oder die Gierrate zugrundegelegt werden.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß am Stoßdämpfer oder am Federelement der Radaufhängung ein Endlagenschalter vorgesehen ist, dessen Schaltpunkt über einen zeitlichen Zusammenhang mit der die Kippgefahr repräsentierenden zweiten Zustandsgröße verknüpft ist.

- 19 -

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Schaltzeitpunkt des Endlagenschalters an weitere Fahrzustandsbedingungen geknüpft ist.

1/4

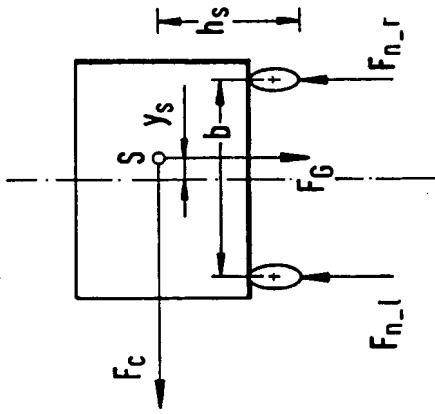
Fig. 1a



$$F_G = F_{n\_VL} + F_{n\_VR} + F_{n\_HL} + F_{n\_HR}$$

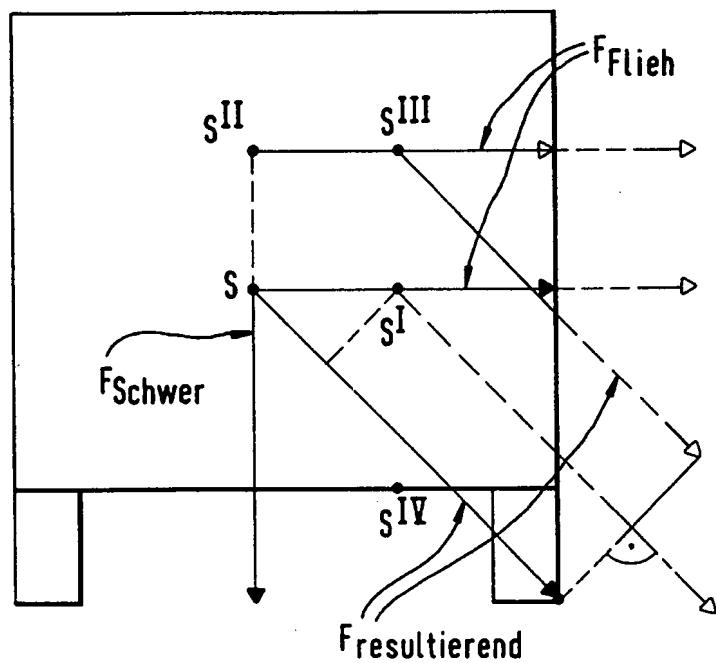
und im statischen Fall für eine Achse:  $F_{G\_Achse} * (b/2 + y_s) = F_n * b$

Fig. 1b



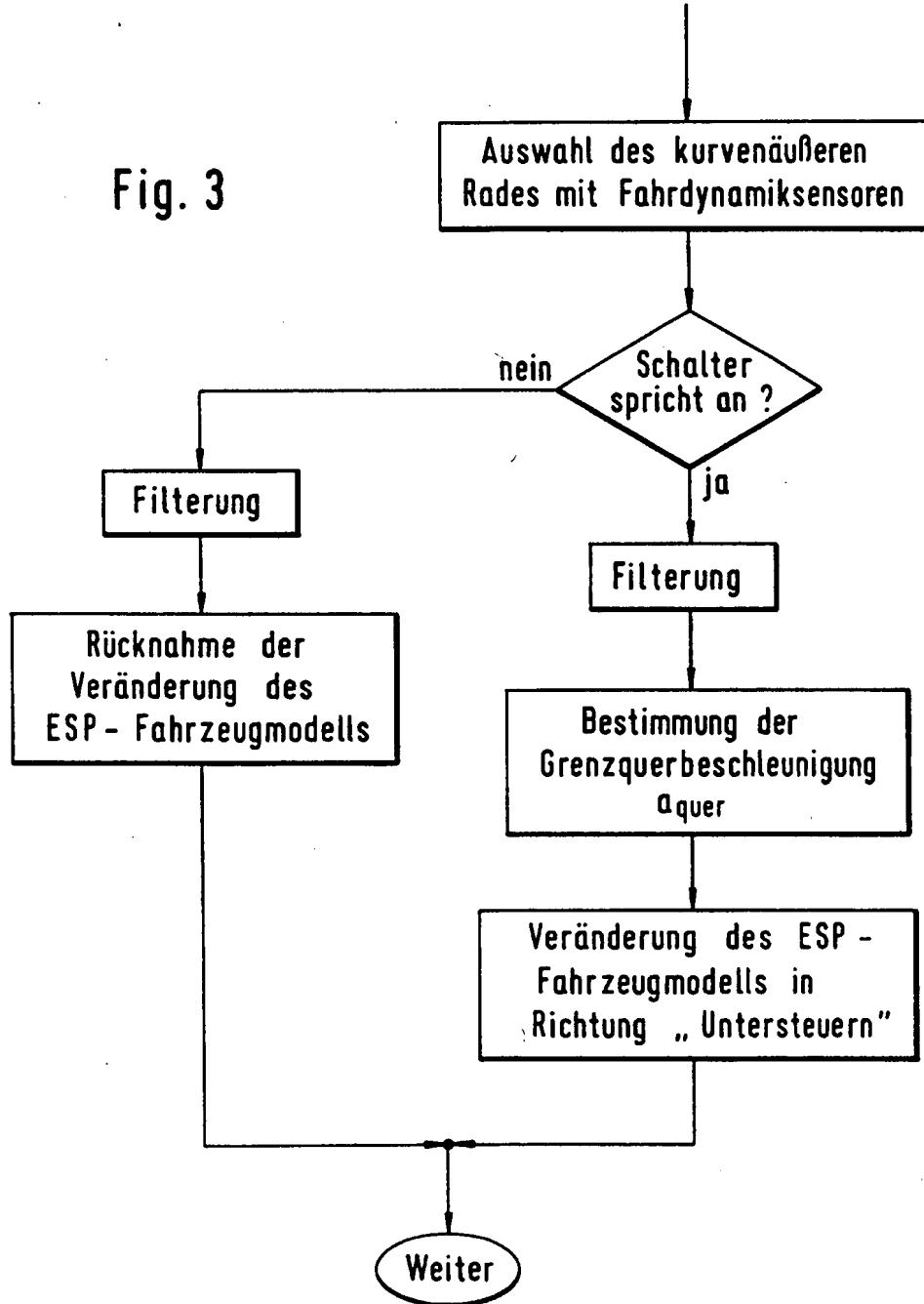
2 / 4

Fig. 2



3 / 4

Fig. 3



4 / 4

Fig. 4a

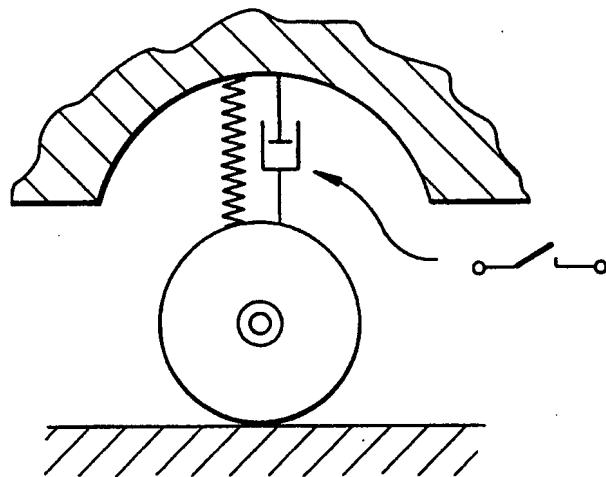
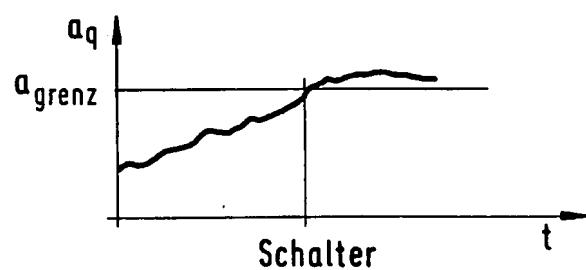


Fig. 4b



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/05079

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 B60T8/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 B60T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 196 23 595 A (TEVES GMBH ALFRED) 18 December 1997 (1997-12-18) the whole document ----	1,2,5,6
A	EP 0 758 601 A (MAN NUTZFAHRZEUGE AG) 19 February 1997 (1997-02-19) column 4, line 9 -column 6, line 12; claim 6 -----	3,7

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17 November 1999	24/11/1999
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patenttaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Gaillard, A

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 99/05079

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
DE 19623595 A	18-12-1997	AU 3338697 A		07-01-1998
		WO 9747485 A		18-12-1997
		EP 0904210 A		31-03-1999
EP 0758601 A	19-02-1997	DE 19529539 A		13-02-1997